

УДК 621.382.2

**И.А. Селиверстов, канд. техн. наук, доц., С.Р. Селиверстова, канд. техн. наук, доц.,
А.Н. Фролов, канд. техн. наук, доц.**

Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДИОДОВ ПЕРЕМЕННОЙ ЕМКОСТИ

I. Seliverstov, S. Seliverstova, A. Frolov

TECHNOLOGICAL FEATURES OF PRODUCTION OF VARIABLE CAPACITY DIODES

Введение. В технологии изготовления диодов основными и важнейшими условиями получения качественных приборов являются методики внесения примесей в полупроводник для получения совершенных структур р-п переходов, а также способы образования контактов полупроводник-металл. Для изготовления диодов переменной емкости (в частности приборов КВ 114) применяется меза-технология, которая позволяет получать максимально-возможные напряжения пробоя и использует только одну фотолитографию, что приводит к снижению себестоимости изготовления пластин с кристаллами. Однако эта технология приводит к большому разбросу параметров и характеристик, а также не позволяет получить максимально возможные значения добротности и коэффициента перекрытия по емкости.

Актуальность исследований. Для улучшения параметров и характеристик прибора без увеличения себестоимости предложен новый технологический процесс с применением слоев пористого анодного окисла кремния. В этом процессе используется только одна фотолитография, что уменьшает себестоимость изготовления пластины с кристаллами. Технология с пористым анодным окислом кремния позволяет использовать достоинства меза-технологии не только по увеличению напряжения лавинного пробоя и по уменьшению числа технологических операций, но также позволяет создавать алюминиевый контакт вместо никелевого контакта. А это должно значительно уменьшить уровень обратных токов [1].

Постановка задания. Исследование эффектов, влияющих на обратные токи, показало, что основной причиной высокого уровня обратных токов является применение никеля для формирования металлического контакта. Никель дает глубокие уровни в запрещенной зоне кремния, что значительно повышает токи рекомбинации. Для уменьшения токов рекомбинации необходимо применять алюминий вместо никеля. Это приводит к снижению уровня обратных токов на несколько порядков.

Результаты исследований. Для проверки данного варианта технологии была проведена партия из 4 пластин. Основные технологические операции проводились в типовых режимах создания прибора КВ114, с некоторыми отличиями. Вместо формирования меза-структуры путем травления кремния в кислотных травителях после фотолитографии по нитриду, проводилось анодное окисление в режимах формирования пористого анодного окисла кремния в кипящем водном растворе борной кислоты. Режим подбирался так, чтобы высота слоя пористого анодного окисла над планарной поверхностью была в пределах 12-15 мкм. Полученные слои пористого анодного окисла кремния имели вертикальные стенки благодаря особенностям анодного процесса.

После этого проводилась операция термического окисления через пористый окисел при температуре 1100°C в течении 45 минут в атмосфере влажного кислорода для создания слоя окисла кремния, защищающего р-п переход.

Удаление слоя нитрида кремния проводилось при помощи типовой операции травления в растворе ортофосфорной кислоты.

Металлический контакт создавался не химическим осаждением никеля, а путем вакуумного напыления алюминия термическим распылением. Из-за обрыва слоя алюминия на вертикальных стенках слоев пористого анодного окисла кремния, фотолитография по алюминию не применялась. При достаточной высоте слоев пористого анодного окисла кремния (больше чем в 10-11 раз, чем толщина слоя алюминия – 1-1,2 мкм) напыленный слой алюминия разрывается на вертикальных стенках [2]. В результате эксперимента получается структура прибора, в которой наблюдается отдельно алюминиевый контакт к р-п переходу и отдельно слой алюминия на поверхности пористого окисла кремния.

После вжигания алюминия при температуре 450°C в течении 25 минут в инертной атмосфере (в азоте) проводилось измерение обратных токов, который по сравнению с типовой меза-технологией изготовления уменьшился с 32,8% до 15,6%. Процент выхода годных кристаллов на пластине по обратным токам увеличился до 84 %.

Выводы.

Установлено, что основной причиной низкого показателя выхода годного при изготовлении диодов переменной емкости являются повышенные значения обратных токов, которые обусловлены применением никеля для металлизации контактов; замена никеля на алюминий в типовой технологии изготовления меза-структур прибора приводит к значительному увеличению себестоимости; меза-структура позволяет получать максимально-возможные напряжения пробоя, но приводит к большому разбросу параметров и характеристик приборов с разных партий из-за влияния различных факторов (температура, давление, время и т.д.) на процесс травления.

Применение новых технологических приемов с использованием слоев пористого анодного окисла кремния позволяет: получать высокие напряжения лавинного пробоя, используя такие же достоинства, как и у меза-структуры; уменьшает разброс параметров, так как разброс глубины залегания слоев пористого анодного окисла кремния не влияет на площадь р-п перехода; использовать в процессе изготовления только одну операцию фотолитографии, что уменьшает себестоимость изготовления кристаллов приборов; приводит к уменьшению уровня обратных токов на несколько порядков, что повышает выход годных с 15% до 84%.

Література

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: В 2-х книгах. Книга 1. Перевод с англ.- 2-е переработанное и дополненное изд. – М. : Мир, 1984. – 456 с.
2. Фролов О.М., Філіпчук О.М., Шевченко В.В. и др. Патент на корисну модель №1 20347. Спосіб виготовлення діодів зі змінною ємністю. МПК(2017.01) НОІЛ 21/00, НОІЛ 21/761(2006.01). Опубл. 25.10.2017. Бюл. № 20.